

DIE ANWENDBARKEIT VERSCHIEDENER GESCHIEBETRIEB UND FRACHTFOR MELN IN KLEINEN EINZUGSGEBIETEN

H. Siegel, Wien

SUMMARY

By means of eleven different equations for the bedload transport, three equations for sediment discharge and a formula for the mudflow it was tried to estimate the load of a disaster with the probability of a 150 year-recurrence in a little watershed, on example of the Oppenauerbach in the near of St. Gilgen/Wolfgangsee, of which drainage basin encloses an area of less than five square kilometers.

With different models of regression the equations were traced back to a comparable form.

The formulas of DU BOYS (1875), MAYER-PETER (1949) and EINSTEIN (1950) as like as the equation from HOFFMANN (1969) were the most coming true to a deposition of sediment in an affluent of the Oppenauerbach.

ZUSAMMENFASSUNG

Mit elf verschiedenen Geschiebetrrieb-, drei Geschiebefrachtformeln und einer Murfrachtformel wurde am Beispiel des bei St. Gilgen/Wolfgangsee gelegenen Oppenauerbaches, der ein Einzugsgebiet von weniger als fünf Quadratkilometern aufweist,

versucht, das Ausmaß einer Geschiebeablagerung im Falle eines Ereignisses mit einer Wiederkehrswahrscheinlichkeit von 150 Jahren abzuschätzen.

Mit verschiedenen Regressionsmodellen wurden die Gleichungen auf eine vergleichbare Form zurückgeführt.

Die Formeln von DU BOYS (1875), MAYER-PETER (1949) und EINSTEIN (1950) sowie die Gleichung von HOFFMANN (1969) kamen einer in einem Zubringer des Oppenauerbaches vorgefundenen Geschiebeablagerung am nächsten.

EINLEITUNG

Der Mangel einer quantifizierten Prognose von der im Falle eines exzessiven Niederschlagsereignisses zu erwartenden Geschiebeablagerung wird besonders bei der Abgrenzung von Gefahrenzonen augenscheinlich, wo das Maß der Gefährdung in direktem Zusammenhang mit der potentiellen Bedrohung einer Fläche durch Geschiebe oder Erosion aufgrund der ungebrochenen Schurfkraft der Wassermassen infolge des geringen Geschiebetriebes steht.

Auch für die Gerinneedimensionierung ist es wesentlich, Kenntnis vom zu erwartenden Geschiebetrieb im Zusammenhang mit dem Maximalabfluß zu erhalten, da dieser nach THIERY (1891) wie auch nach WEHRMANN (1950) eine Verminderung der Geschwindigkeit bzw. eine Vergrößerung des Durchflußprofils bedingt.

In einer vom Autor am Institut für Wildbach- und Lawinverbauung an der Universität für Bodenkultur durchgeführten Diplomarbeit wurde versucht, zum Zwecke der Abgrenzung von Gefahrenzonen in einem praktischen Beispiel den für das Bemessungsereignis zu erwartenden Geschiebeanfall unter Zugrundelegung eines dynamischen Ablaufmodelles vom potentiellen Ort seiner Entstehung bis zu seiner erwarteten Ablagerung zu betrachten. In vorliegender Kurzfassung wird das Ergebnis der Arbeit (SIEGEL 1981) interpretiert.

METHODIK

Grundsätzlich stehen für die Abschätzung des Geschiebeanfalles dreierlei Arten von Formeln zur Verfügung:

- Geschiebetriebformeln
- Geschiebefrachtformeln
- Murenfrachtformeln

Der Geschiebetrieb, die sekundlich über den Querschnitt

deförderte Geschiebemenge in Kubikmetern, wird aus den Daten eines Querschnittsprofils errechnet.

ZIPPE (1971) erörtert die Geschiebeformeln folgender Autoren:

DU BOYS (1875) geht von der Annahme aus, daß das Geschiebe in Schichten wandert. Seine Formel lautet:

$$q_G = \frac{b}{2700} 1,8(1000 d_m)^{-0,74} \tau(\tau - \tau_0) \quad (m^3/sec)$$

$$\tau = \gamma_w \cdot R \quad I \quad \tau_0 = 0,17 dm^{0,57}$$

SHIELDS (1936) geht von der Aussage aus, die aufgrund von Laborversuchen mit verschiedenen Kornmaterialien gewonnen wurde:

$$q_G = \frac{b}{2700} 0,0035 d_m^{-1} \cdot K \quad R^{\frac{2}{3}} \quad I^{\frac{1}{2}} \quad \tau(\tau - \tau_0) \quad (m^3/sec)$$

SCHOKLITSCH (1930) wählt den Durchfluß, der die Bewegung des Geschiebes einleitet, als Kriterium:

$$q_G = 0,003 b \quad dm^{-\frac{1}{2}} \quad I^{\frac{1}{2}} (q_w - 0,02 dm \quad I^{-\frac{4}{3}}) \quad (m^3/sec)$$

MAYER-PETER (1949) basiert auf Experimenten in einem Kanal:

$$q_G = \frac{b}{1700} 428,12 I \quad b \quad t'(1+b)^{-1} 68,41 d_m^{\frac{3}{2}} \quad (m^3/sec)$$

$$t' = 2t$$

KALINSKE (1973) geht von der Annahme aus, daß die Turbulenz oberhalb des bewegten Materials für die Geschiebeablagerung maßgeblich ist:

$$q_G = \frac{b}{2700} \sqrt{\tau/101,94 dm} 2,44 e^{-2,55\tau_0/\tau} \quad (m^3/sec)$$

$$\tau = 1000 R \quad I \quad \tau_0 = 396,67 dm \quad \tan \alpha \quad \alpha = 35^\circ$$

EINSTEIN (1950) basiert auf der Gegenüberstellung von Deposition und Erosion:

$$q_G = 14,26 b \quad dm^{-0,34} (I \quad R)^{1,84} \quad (m^3/sec)$$

HAMPEL (1970) ist eine Modifizierung von MAYER-PETER (1949) und geht von der Annahme aus, daß die Rauigkeit des bewegten Materials und jene der Sohle gleich groß sein würden, sowie, daß der Druckverlust durch die Rauigkeit des Sohlenmaterials gleich dem Sohlengefälle sein würde:

$$q_G = 1,89 b (6,25 I \quad t' \cdot R'_s \quad dm)^{\frac{3}{2}} \quad (m^3/sec)$$

HAMPEL (1970) wurde ebenfalls von MAYER-PETER (1949) abgeleitet und stellt eine Vereinfachung der Annahmen dar; daraus kann eine Funktion für das Größtkorn gebildet werden, woraus in weiterer Folge eine Hochwasserformel abgeleitet werden kann:

$$q_G = 0,313 (7,05 \frac{b}{U} \quad t' \cdot I \quad dm)^{\frac{3}{2}} \quad (m^3/sec)$$

PEDROLI (1963) ist für die Berechnung des Geschiebetriebes in glatten Kunstgerinnen gedacht:

$$q_G = (872,03 (R_s I)^{\frac{8}{5}} dm^{\frac{1}{5}} 2,78 \cdot 10^{-5}) \cdot b \text{ (m}^3/\text{sec)}$$

Während die bisher angeführten Geschiebetriebformeln durchwegs absolute Ergebnisse in (m^3/sec) liefern, stellen die beiden folgenden Formeln HAMPELS den Versuch dar, mit Hilfe des Verlandungs- und Schwemmkegelgefälles und der Kenntnis der mittleren Korngröße den prozentuellen Geschiebeanteil an einem Hochwasserabfluß zu ermitteln.

HAMPEL (1968) ist formelbedingt für die maßgebliche Geschiebekorngröße in Abhängigkeit vom Schwemmkegelgefälle, da ansonsten das Ergebnis ein komplexer Ausdruck wird:

$$G\% = \left[\frac{1}{27} (I\% \quad 1,74 \quad 160^{dm}) \right] (0,47-0,4dm)^{-1}$$

HAMPEL (1978) entstand aus der vorangegangenen Formel durch das vereinfachende Einsetzen von $dm = 0,1$:

$$G\% = 0,1 (I\% \quad 2,89)^{2,3256}$$

Die meisten Formeln wurden in ihrer Form modifiziert; der Grund der Umwandlung war die größtmögliche Reduktion der Parametervielfalt. Nach den folgenden Umwandlungen

$$t' = \frac{b}{N} + \frac{\sqrt{b^2 - 4N}}{N} \quad U = b + t'(\sin \arccot N)^{-1}, \quad R = \frac{F}{U}$$

$$R'_s = 1 + 0,04 U^{-1} \cdot b \quad K^{\frac{2}{3}} \quad dm^{\frac{1}{6}}$$

lassen sich alle Formeln auf die nachstehende Eingangsgrößen zurückführen:

$F(m)$ = Fläche des Profils	$b(m)$ = Sohlenbreite des Profils
$I:N$ = Böschungsverhältnis	$I(\%)$ = Bachbettgefälle
K = Rauigkeitsbeiwert	$dm(m)$ = Mittelkorndurchmesser

Im Gegensatz zum Geschiebetrieb, der dem sekundlichen Geschiebeabfluß in einem Profil darstellt, sollen die Geschiebefrachtformeln den Feststofftransport in einem längeren Zeitraum widerspiegeln. Als maßgeblich für die Abschätzung des Geschiebeanfalls erweist sich daher die Zeitdauer eines Bemessungsereignisses.

Da Geschiebefrachtformeln nur in Querschnitten am Beginn eines Ablagerungsraumes angewendet werden können, beschränkt sich ihre Benützung eher auf die größenordnungsmäßige Abschätzung der Geschiebeablagerung am Schwemmkegel bzw. in einzelnen Bachabschnitten, wo es zu Zwischenablagerungen kommt.

Modellversuche HAMPELS (1968) haben gezeigt, daß das Schwemmkegelgefälle in Zusammenhang mit Korngröße und Geschiebeanteil steht. Darauf basierend ermittelt er die Geschiebefracht eines Hochwassers aus dem Produkt Hochwasserfracht mal Geschiebeanteil, wobei dieser direkt aus dem Schwemmkegelgefälle hergeleitet wird, da sich ja dieser im Laufe der Zeit durch die Ablagerungen während extremer Abflußereignisse gebildet hat.

$$GF \text{ (mod.)} \quad HQ \quad G\%/100 \quad Z \text{ (m}^3\text{)} \quad HQ \text{ (m}^3/\text{sec)} = \text{Abfluß}$$

$$Z(\text{sec}) = \text{Dauer des Bemessungsereignisses}$$

Die neuere Formel HAMPELS (1980) beruht auf einer statistischen Auswertung von seltenen Hochwässern in 118 Tiroler Wildbachgebieten, wobei sich die Streuungen von Schätz- sowie Rechenwerten bezüglich der Geschiebepotentiale in etwa glichen:

$$GF = 4,42 E H_N \psi_0 I^{-1} \cdot S^{-L} (I-1,23)^{2,63} (1 - \frac{Hu}{2300}) (m^3)$$

$E (km^2)$ Perimeterfläche $I (\%)$ = Schwemmkegelgefälle
 ψ Versickerungsfaktor S = geologischer Faktor
 $H_N^0 (mm)$ = max. Tagesregen $Hu (m)$ = Mündungshöhe

HOFFMANN (1969) versucht die Geröllfracht über die Bachbreite in eine Beziehung zur Größe des Einzugsgebietes zu bringen:

$$GF = 139500 c b z I^{1,79} (m^3)$$

c = Beiwert bzgl. Perimeter $b (m)$ = Bachbreite
 u. Geschiebepotential $z (h)$ = Dauer des Ereignisses
 $I (\%)$ Bachbettgefälle

Für Murgänge, die bisher außer Betracht standen, hat HAMPEL (1978) aus seiner Geschiebefrachformel eine vereinfachte Murgfrachformel abgeleitet; dieses Näherungsverfahren darf jedoch nur bei unverbautem Schwemmkegel angewendet werden:

$$M = 150 E (I\% - 3)^{2,3} (m^3)$$

ERGEBNISSE

Ihre Anwendung fanden die genannten Formeln mit Daten, die im Einzugsgebiet des Oppenauerbaches erhoben worden sind. Dieses befindet sich als Teil des Bundeslandes Salzburg am Nordrand der Nördlichen Kalkalpen und ist geologisch durch das Auftreten des St. Gilgener Flyschfenster mit seinen zum Teil wenig stabilen Substraten gekennzeichnet. Klimatisch läßt sich das rund 5 km² große Einzugsgebiet als Alpenrandstaulage mit ozeanischer Klimatönung charakterisieren.

Als Methode, die eine differenzierte Gesamtschau des Abflußgeschehens ermöglicht, wurde die Laufzeitmethode nach ZELLER (1974) durchgeführt. Ausgangspunkt ist eine Gliederung des Perimeters in Parzellen entsprechend den Niederschlagssammelgebieten der einzelnen Äste des Gewässernetzes. Aufbauend auf einem Ergebnis, das einem spezifischen Abflußwert von 20 m³/sec, km² entspricht, wurde in 50 Querprofilen aus der ca. 4,5 km langen Bachstrecke der Geschiebetrieb mit den Formeln der elf genannten Autoren ermittelt.

Den stark streuenden Rechenergebnissen wurde die Anschätzung der abfuhrbereiten Geschiebemengen in den Abschnitten zwischen den erhobenen Profilen sowie die Rückrechnung einer im Einzugsgebiet vorgefundenen Geschiebeablagerung gegenübergestellt.

Zur Vergleichbarkeit der in den einzelnen Profilen ermittelten Ergebnisse wurde folgender Lösungsweg beschritten:
 Rückführung der Geschiebetriebswerte aus fünf Interpretationsprofilen, die, verteilt im gesamten Einzugsgebiet, auf Grund vorgefundener Abflußspuren eine Ermittlung eines tatsächlich erfolgten Abflusses ermöglichen, auf ihre einzugsgebietsflächenspezifischen Werte;
 Ermittlung der Geschiebe- und Murenfracht in ebendiesen Profilen und ihre Umwandlung in sekundlichen Geschiebetrrieb unter Zugrundelegung eines 1000 sec währenden Abflußereignisses, wie es die Laufzeitmethode ergab, sowie flächenspezifische Reduktion dieser Werte;
 Rückrechnung einer vorgefundenden Geschiebeablagerung im Ausmaß von 6000 m^3 , was bei einer Ereignissdauer von 1000 sec einer Durchflußmenge von $6 \text{ m}^3/\text{sec}$ entsprechen würde, in Geschiebeanteil anhand des gemessenen Querprofiles.

Anhand von TAB.1 ist ersichtlich, daß für das besagte Profil die Formeln nach DU BOYS, EINSTEIN und MEYER-PETER mit 8, 12 bzw. $11 \text{ m}^3/\text{sec}$ die dieser Annahme nächstliegenden Werte ergeben, was einem Geschiebeanteil zwischen 5 und 7% entspräche. Weiters wurden die Parameter des Querschnittes durch die Geschiebeablagerung in den Geschiebefrachtformeln angewendet (TAB.2).

Während die Formeln für die Geschiebefracht nach HAMPEL (1978, 1980) mit Werten von 7600 und 8400 m^3 das im Gelände Geschiebeablagerungsvolumen um 25% bzw. 40% übertreffen, liegt unter dem angegebenen Wert und stellt in diesem Fall die Formel von HOFFMANN (1969) mit 5900 m^3 eine gute Näherung dar.

Die Murenfracht nach HAMPEL (1977) gibt mit 10300 m^3 naturgemäß ein höheres Ergebnis, wozu gesagt werden muß, daß sowohl dessen Geschiebefracht- als auch Geschiebetriebformel hohe Werte ergeben. Diese Formeln wurden unter Verwendung von Daten aus Wildbächen Tirols, die wesentlich größere Ereignisse zeitigen als das vorliegende Beispiel.

Führt man die Geschiebefracht auf ihre sekundlichen Werte zurück, um Vergleichsgößen zu erhalten, und reduziert sie ebenso wie die Geschiebetriebergergebnisse auf die spezifischen Flächenwerte, so ergibt nach Anpassung der Werte aus den Interpretationsprofilen an eine Regressionskurve potentieller Form die Gleichung nach HOFFMANN (1969) ein zwar niedrigeres, aber den Ergebnissen der drei angeführten Geschiebetriebformeln nächstliegendes Resultat.

Zur Faktorenanalyse der Parameter der Formeln wurde eine multiple, lineare Regression für drei Variable durchgeführt, wobei der prozentuelle Geschiebeanteil in Beziehung zu den drei voneinander unabhängigen Parametern Durchflußprofilfläche, -profilbreite und Bachgefälle gebracht und die Ergebnisse grafisch dargestellt wurden. (ABB.2)

Die größtenteils negative Einflußgröße Profilfläche deutet darauf, daß die meisten Formeln für Flüsse entwickelt wurden, während die zwei Formeln HAMPELS positive Flächenfaktoren aufweisen. Bei der differenzierteren der beiden ist ebenso wie in der Formel PEDROLIS der starke Breitenfaktor auffällig.

Bezüglich des Gefälles ist auf die Werte der Formeln der Autoren EINSTEIN u. MAYER-PETER hinzuweisen, die ihre Brauchbarkeit auch in steilen Gerinnen erklären, während im Gegensatz dazu der übergroße Gefällsfaktor der Formeln HAMPELS

deren überhöhten Werte in sehr steilen Gerinnen erklären. Die stark positiven Reduktionsfaktoren der von HAMPEL modifizierten Formel und der von PEDROLI deuten darauf hin, daß diese in geschiebereichen Bächen bzw. Flüssen entwickelt wurden. Mit Hilfe der Geschiebetransferformeln nach DU BOIS (1875), EINSTEIN (1950) und MAYER-PETER (1949) wurde eine Geschiebebilanzrechnung durchgeführt.

Die tatsächlich beförderte Geschiebemenge hängt von dem vorhandenen Geschiebepotential ab, das es dem Abfluß ermöglicht, nach erfolgter Ablagerung von Geschiebematerial auf Grund beschränkter Transportfähigkeit des Gerinnes wieder Material aufzunehmen und weiterzutransportieren. Die Summe des ausgeschütteten bzw. abgelagerten sowie weitertransportierten Geschiebes je Abschnitt ergibt die Geschiebefracht.

Die Menge des abtransportierbaren Materials wurde abschnittsweise durch Vermessung der erodierbaren Flächen und Schätzung der Tiefe der abzutragenden Schicht ermittelt.

Das Verhältnis nach Geschiebetransfer möglichkeit zu aufgrund des vorhandenen Potentials tatsächlich beförderter und abgelagerter Schottermenge wurde als Einteilungskriterium einer "Energienlinienklassifikation" herangezogen. Ist die Menge des austretenden bzw. abgelagerten Materials wegen Profilveränderung größer als die laut Geschiebetransferformel errechneten Mengen, so wird der Abschnitt des Gerinnes als akkumulierend betrachtet. Liegt die Ablagerungsmenge laut Bilanz unter diesem Wert, wird der Gewässerteil als auf eigener Alluvion abfließend betrachtet und als Umlagerungsstrecke angesehen. Erreicht schließlich der tatsächliche Geschiebepegel nicht den laut Formelwert möglichen, so wird der betreffende Streckenabschnitt Erosion unterstellt, da in diesem Fall das geschiebearme Wasser zuviel an überschüssiger Energie aufweist und deswegen zu graben beginnt.

Summenkonvergenz und Energienlinienklassifizierungsübereinstimmung mit den in der Natur vorgefundenen Gegebenheiten sprechen nach der Durchführung der Geschiebebilanz für die Gleichung von EINSTEIN.

In der grafischen Aufbereitung der Geschiebebilanz (Abb. 2) wurde die Menge des im Gerinne abgeführten wie die des inner- oder außerhalb des Gerinnes abgelagerten Materials und die als Geschiebefracht bezeichnete Summe dieser beiden Größen im selben Mengenmaßstab für einen, jeweils durch zwei Profile begrenzten Abschnitt ausgewiesen. Weiters wurde die Summenkurve der gesamten Geschiebeablagung wie auch das vorhandene, abgeschätzte Geschiebepotential, differenziert nach ruhendem oder bewegtem (durch Zubringer beförderten) Anteil eingetragen.

In der Gesamtheit gelangen bei einer unterstellten Abflussspitze von ca. $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ 5600 m^3 Geschiebe im Oppenauerbach zum Abtransport und zum anschließenden Austritt.

SCHLUSSFOLGERUNG

Die kombinierten Modelle der Abfluß- und Geschiebebilanz

erreichen dort ihre Grenze, wo aufgrund der Größe des Einzugsgebietes nicht mehr dessen einheitliche, gleich intensive Überregnung unterstellt werden kann und wo aufgrund der Zeitspanne bis zum Erreichen eines maximalen Abflusses die Niederschlagsintensität bereits wieder abnimmt. Ebenso sind die Verhältnisse bei einem Murgang so nicht zu simulieren. Im gegenständlichen Fall handelt es sich vielmehr um ein geschiebereiches Hochwasser, das dem Bemessungsereignis unterstellt wird.

Erst nach einer vergleichenden Analyse von mehreren, typushaft unterschiedlichen Wildbächen in verschiedenen Klima- Substrat- und Größenbedingungen kann eine weiterreichende Aussage für regionale Bereiche getroffen werden

LITERATURVERZEICHNIS

- HAMPEL, R., 1968: Geschiebeablieferung in Wildbächen, dargestellt an Modellversuchen. Wildbach- und Lawinenverbau, 1968/2.
- HAMPEL, R., 1977: Geschiebewirtschaft in Wildbächen. Wildbach- und Lawinenverbau, 1977/2.
- HAMPEL, R., 1978: Geschiebetheorie für die Wildbachverbauung. Österreichische Wasserwirtschaft, Jg.30.
- HAMPEL, R., 1979: Eine Hochwasserformel für kleine Einzugsgebiete in den Alpen. Österreichische Wasserwirtschaft, Jg.31.
- HAMPEL, R., 1980: Geschieberekalkulation für Gefahrenzonenpläne in Wildbachgebieten. Interpraevent 1980, Band 3.
- HOFFMANN, L., 1969: Die Geröllfracht in Wildbächen. Wildbach- und Lawinenverbau, 1969/1.
- SIEGEL, H., 1981: Grundlagen und Methodik für die Erstellung eines Gefahrenzonenplanes am Beispiel des Oppenauerbaches. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, 1981.
- STRELE, G., 1950: Grundriß der Wildbach- und Lawinenverbauung. Springer-Verlag, Wien.
- ZELLER, J., 1974: Starkniederschläge und ihr Einfluß auf Hochwasserabflüsse. Berichte der EAFV Birmendorf, Band 126
- ZIPPE, H., 1973: Praktische Anwendung einiger Geschiebegleichungen und Vergleich deren Resultate. Wiener Mitteilungen, Band 14.

Wien, im Mai 1981

Anschrift des Autors:

Dipl.Ing. Hubert SIEGEL
Institut für Wildbach- und
Lawinenverbauung
Universität für Bodenkultur
Peter-Jordan-Straße 82
A-1190 WIEN

Tab. 1

Geschlebetrieb
Profil hm 11, 21

XEQ "G/TRIEB"

PROFIL:
D 22 RUN
FLAECHE=?
21,6 RUN
BREITE=?
9,6 RUN
BOESCHV. N=?
1,5 RUN
BBGEF. J%=?
11,5 RUN
RBM. K=?
17 RUN
GK. D0=?
40 RUN

DUBOY: QG= 7,7 CBM/S
DUBOY: GZ= 4,8

SHIEL: QG=37,2 CBM/S
SHIEL: GZ=19,6

SCHOK: QG= 2,0 CBM/S
SCHOK: GZ= 1,3

KALIN: QG= 1,6 CBM/S
KALIN: GZ= 1,0

EINST: QG=11,9 CBM/S
EINST: GZ= 7,2

ME-PE: QG=10,7 CBM/S
ME-PE: GZ= 6,6

MP-HA: QG=24,3 CBM/S
MP-HA: GZ=13,7

MPH-V: QG= 0,7 CBM/S
MPH-V: GZ= 0,4

PEDRO: QG=49,0 CBM/S
PEDRO: GZ=24,3

G/S-H: GZ=52,6

GSH-V: GZ=14,9

GA-ST: QM=152,4 CBM/S
MP-MU: QM=97,6 CBM/S

Tab. 2

Geschlebefracht
Profil hm 11, 21

XEQ "GFRACHT"

STO HN:23,S:24HU:25
169,0 STO 23
.8 STO 24
540,0 STO 25
RUN
RUN

PROFIL:
D 22 RUN
EZ.FLAECHE=?
.5 RUN
EZ.BM. c=?
.7 RUN
BBGEF. J%=?
11,5 RUN
GK.D0=?
40 RUN
BREITE=?
9,6 RUN
ABFLUSS=?
13,4 RUN
DAUER=?
.3 RUN
VSF. PHI0=?
.6 RUN
G.LAENGE=?
.93 RUN

HOFFM. GF=5,86E3 CBM

HAMPEL GF=7,61E3 CBM

HAMPEL GF=8,40E3 CBM

HAMPEL MF=10,3E3 CBM

Abb. 1

Einfluß der Faktoren auf verschiedene Geschiebetriebformeln



